

PH
99190 EP

MAT.
DOSSIER



(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

Offenlegungsschrift

(10) DE 195 19 775 A 1

(51) Int. Cl. 6:
H 01 J 9/22
H 01 J 31/50

DE 195 19 775 A 1

(21) Aktenzeichen: 195 19 775.5
(22) Anmeldetag: 30. 5. 95
(43) Offenlegungstag: 12. 12. 98

(71) Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
Jahnke, Andreas, Dr., 81827 München, DE

(56) Entgegenhaltungen:

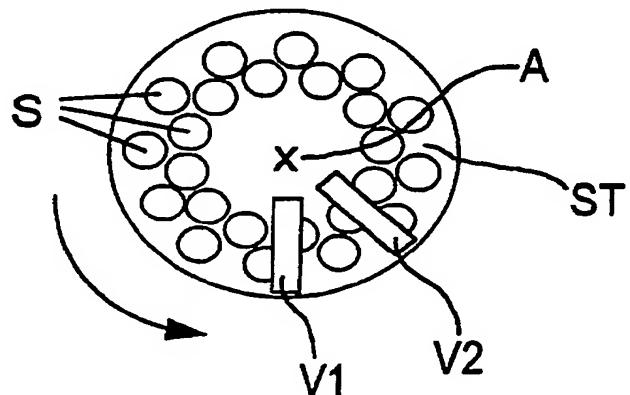
DE 27 34 799 C2
DE 26 16 837 A1
US 48 42 894
US 37 95 531

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren zum Erzeugen dotierter Alkalihalogenidaufdampfschichten

(55) Verfahren zum Erzeugen dotierter Alkalihalogenidaufdampfschichten.

Zum Erzeugen homogen dotierter Alkalihalogenidschichten, insbesondere von Leuchtstoffschichten wird vorgeschlagen, das Alkalihalogenid und den Dotierstoff mittels zweier getrennter Verdampfer auf ein rotierendes Substrat aufzudampfen. Mittels nicht überlappender Aufdampfflächen wird eine Multilayerstruktur erzeugt, bei der eine Teilschicht der flüchtigeren Verbindung direkt von einer Teilschicht der weniger flüchtigen Verbindung überdeckt wird und so am ungewünschten Wiederabdampfen gehindert wird.



DE 195 19 775 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 10. 96 602 050/25

9/25

Beschreibung

Für die Röntgendiagnostik werden Szintillatormaterialien zur Umwandlung der Röntgenstrahlung in sichtbares Licht benötigt. Leuchtschirme aus geeignet dotierten Alkalihalogeniden sind bereits zur Produktionsreife entwickelt worden. Die Lichtausbeute und die spektrale Verteilung des Lumineszenzlichtes ist dabei abhängig von der gewählten Dotierung. So zeigt beispielsweise mit Natrium dotiertes Cäsiumjodid CsI:Na ein Maximum des Lumineszenzlichtes bei ca. 415 nm, während das Maximum für thalliumdotiertes Cäsiumjodid CsI:Tl bei ca. 510 nm liegt. Für die Erzeugung von Photoelektronen, beispielsweise in Photomultiplier-Röhren eignet sich deshalb CsI:Na, während zum Nachweis von Lumineszenzlicht mit Siliziumdioden wegen der Rotempfindlichkeit eine CsI:Tl-Szintillatorschicht besser geeignet ist.

Zur Herstellung von Alkalihalogenidplatten für Leuchtschirmschirme sind prinzipiell verschiedene Verfahren geeignet. Beispielsweise lassen sich die Platten durch Heißverformen geeigneten Rohmaterials herstellen. Dies ist jedoch ein aufwendiges Verfahren, welches ein bereits reines und homogenes, dotiertes Rohmaterial erfordert. Möglich ist es auch, die Leuchtschirmschirme durch Kristallziehen aus der Schmelze und anschließendes Zersägen der Kristallstäbe in entsprechend dünne Scheiben zu erzeugen. Doch auch dies ist ein Verfahren, das einen hohen zeitlichen und apparativen Aufwand erfordert. Hinzu kommt, daß der Dotierstoffgehalt des wachsenden Kristalls nicht mit dem der Schmelze übereinstimmt, so daß zum Erzeugen von Kristallstäben mit über die Länge homogener Dotierung ein hoher Regelungsbedarf entsteht.

Besser geeignet zum Herstellen von Alkalihalogenidleuchtschirmschirme sind Aufdampfverfahren. Damit können großflächige Leuchtschirmschirme direkt erzeugt werden. Ein weiterer Vorteil ist, daß die Alkalihalogenide beim Aufdampfen nadelförmige Kristalle auf dem Substrat ausbilden, die parallel zur Aufdampfrichtung und daher üblicherweise vertikal zum Substrat angeordnet sind. Solche Schichten zeigen eine anisotrope Lichtleitung, die überwiegend parallel zur Orientierung der Nadeln erfolgt. Dies ist besonders vorteilhaft für einen ortsauf lösenden Nachweis von Röntgenstrahlung.

Beim Aufdampfen von CsI:Tl treten jedoch zusätzliche Probleme auf. Die Schmelzpunkte der beiden Ausgangsstoffe Thalliumjodid und Cäsiumjodid liegen um nahezu 200°C auseinander. Dies hat zur Folge, daß Thalliumjodid bei seinem Schmelzpunkt von 440°C einen ca. 10 mal höheren Dampfdruck als Cäsiumjodid bei dessen Schmelzpunkt von 626°C aufweist. Bei 350°C ist der Dampfdruck von TlI ca. 25 000 mal höher als der von CsI. Dies führt dazu, daß das Thalliumjodid einerseits schneller aus dem gemeinsamen Verdampfer abdampft, andererseits aber auch schlechter in die entstehende Alkalihalogenidschicht eingebaut wird. Zum Erzeugen einer gewünschten Dotierung muß daher ein Rohmaterial mit einem vergleichsweise dazu zehnfachen Thalliumgehalt vorgelegt werden. Während des Aufdampfens muß außerdem regelmäßig Thalliumjodid in den Verdampfer nachgefüllt werden.

Somit ist es äußerst schwierig, eine bestimmte und außerdem gleichmäßige Thalliumdotierung in der Leuchtschirmschicht zu erzeugen. Aber nur mit einer gleichmäßigen in einem bestimmten Bereich liegenden Dotierung kann eine hohe Lichtausbeute für das Lumineszenzlicht erhalten werden. Zu niedrig dotiertes

CsI:Tl erzeugt bei gleicher Röntgenabsorption weniger Lumineszenzlicht, während bei einer zu hohen Thalliumdotierung bereits erzeugtes Lumineszenzlicht durch optische Absorption verlorengingeht.

Das unproblematischer herstellende natriumdotierte Cäsiumjodid ist jedoch hygrokopisch und zeigt gegenüber dem thalliumdotierten Cäsiumjodid eine um 4 Prozent verringerte Lichtausbeute.

Problem der vorliegenden Erfindung ist es daher, die Erzeugung von dotierten Alkalihalogenidaufdampfschichten so zu verbessern, daß einerseits eine homogene und gleichmäßige Dotierung in gewünschter Höhe auf einfache und sichere Weise erhalten werden kann, und daß dabei außerdem insbesondere bei Verwendung von Thalliumjodid der Dotierstoff besser ausgenützt werden kann.

Dieses Problem löst die Erfindung mit einem Verfahren nach Anspruch 1. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Das erfundungsgemäße Verfahren verwendet zwei voneinander getrennte Verdampfer für das Alkalihalogenid und den Dotierstoff, also beispielsweise für Cäsiumjodid und Thalliumjodid. Dadurch ist es möglich, den Dampfdruck und damit sowohl Abdampf- als auch Aufdampfgeschwindigkeit für die beiden Substanzen unabhängig voneinander zu regeln. Das oder besser die Substrate liegen dabei auf einem Substratteller auf, der während des Aufdampfens um eine senkrechte auf dem Substratteller stehende Achse rotiert. Dadurch wird gewährleistet, daß alle Substrate gleichmäßig beschichtet werden und auch auf jedem einzelnen Substrat eine gleichmäßige Verteilung von Alkalihalogenid und Dotierstoff erfolgt.

Der Substratteller dreht sich dabei kontinuierlich, so daß nach Belegung der Substratoberfläche mit Dotierstoff (zum Beispiel TlI) unmittelbar eine weitere Schicht Alkalihalogenid (zum Beispiel CsI) von 1 bis 5 µm Dicke aufwächst und die Dotierstoffsicht zudeckt. Im Falle des TlI wird dadurch ein Wiederabdampfen des Dotierstoffs vom Substrat weitgehend verhindert.

Die Verdampfer sind dezentriert bezüglich der Achse angeordnet und so seitlich zu dieser versetzt, daß sie mit ihr einen Winkel kleiner 180° bilden. Vorzugsweise schließen die beiden Verdampfer mit der Achse einen spitzen Winkel (< 90°) ein. Dabei wird der Verdampfer für den Dotierstoff so angeordnet, daß ein beliebiger Punkt auf einem Substrat zunächst über dem Verdampfer für den Dotierstoff und dann nach weniger als einer halben Umdrehung des Substrattellers über dem Verdampfer für das Alkalihalogenid vorbeibewegt wird. Je kürzer der Abstand der beiden Verdampfer bzw. je spitzer der genannte Winkel gewählt wird, umso schneller wird eine Dotierstoffsicht von einer Alkalihalogenidschicht abgedeckt und umso schneller wird eine aufgedampfte Dotierstoffsicht durch Abdeckung am Wiederabdampfen gehindert.

Auf diese Weise wird erheblich mehr Dotierstoff in die aufwachsende Schicht eingebaut, als es beim herkömmlichen Synchronaufdampfen möglich war. Beim Aufdampfen einer thalliumdotierten Cäsiumjodidschicht wird dabei eine Effizienz von 40 Prozent des verwendeten Thalliumjodid gemessen. Damit verbessert das erfundungsgemäße Verfahren die bisher gemessene Effizienz von 10 Prozent um den Faktor 4.

Das Aufdampfen erfolgt im Vakuum bei einem Druck von ca. 10^{-3} pa. Für CsI:Tl wird dabei eine Substrattemperatur von ca. 140 bis 220°C eingehalten. Dazu kann es erforderlich sein, das Substrat zu Beginn des Aufdampf-

fens vorzuheizen. Während des Aufdampfens ist die Kondensationswärme ausreichend, um das Substrat auf der erforderlichen Temperatur zu halten. Gegebenenfalls kann sogar eine Kühlung erforderlich sein.

Der Verdampfer selbst besteht aus einem Schiffchen, in dem das zu verdampfende Halogenid vorgelegt wird, und einem Aufdampftrichter. Der Aufdampftrichter bewirkt zum einen, daß das Aufdampfen gerichtet erfolgt. Zum anderen wird erreicht, daß die Aufdampffläche begrenzt ist. Innerhalb der begrenzten Aufdampffläche können aber gleichmäßige Aufdampfbedingungen eingehalten werden, was die Homogenität der aufgedampften Schichten erhöht.

Im erfindungsgemäßen Verfahren sind zwei Verdampfer und somit zwei beheizbare Schiffchen und zwei Aufdampftrichter vorgesehen, die so angeordnet sind, daß die Aufdampfflächen, die im wesentlichen mit der Projektion des Aufdampftrichters bzw. dessen Öffnung auf den Substratteller entspricht, nicht miteinander überlappen. Durch die Rotation des Substrattellers wird ein Substrat zunächst über dem Verdampfer für den Dotierstoff vorbeigeführt, wobei eine konkrete Dotierstoffschiicht aufgedampft wird. Durch weitere Rotation wird das Substrat über dem Verdampfer für das Alkali-halogenid vorbeigeführt, wobei über der Dotierstoffschiicht eine diskrete Alkalihalogenidschicht aufgedampft wird. Je schmäler die Aufdampfflächen dabei bemessen werden, desto enger können die Verdampfer bzw. die entsprechenden Aufdampfflächen für Dotierstoff und Alkalihalogenid nebeneinander angeordnet werden.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, in einem Verdampfer anstelle von reinem Dotierstoff ein Alkalihalogenid/Dotierstoffgemisch vorzulegen. Dies hat beispielsweise bei einer CsI/TlI-Mischung den Vorteil, daß das (1 : 1)-Gemisch bei der erforderlichen Verdampfungstemperatur noch als Feststoff vorliegt und das Verdampfen des Dotierstoffs durch Sublimation aus diesem Gemisch erfolgt.

Aufgrund des höheren Dampfdrucks von Thalliumjodid verarmt das Gemisch jedoch am flüchtigen TlI. Dies kann erfindungsgemäß durch kontinuierliche Erhöhung der Verdampfter temperatur ausgeglichen werden.

Für einen Leuchtstoffschild wird die Alkalihalogenidschicht in einer Dicke von ca. 300 bis 400 µm aufgedampft. Da pro Umdrehung des Substrattellers eine Teilschicht von ca. 1 bis 5 µm Dicke abgeschieden wird, besteht die gesamte Schicht aus ca. 60 bis 400 Teilschichten und diese wiederum alternierend aus Dotierstoff- und Alkalihalogenideckschichten. Das dabei erhaltenen alternierend stufenförmige Dotierprofil kann zur Homogenisierung einem zusätzlichen Temperschritt unterzogen werden, wobei eine über die gesamte Schichtdicke gleichförmige und homogene Dotierung erhalten wird.

Bei der Temperung ist darauf zu achten, daß die Temperatur nicht zu hoch gewählt wird. Bei zu hoher Temperatur und/oder zu langer Temperung neigen bestimmte Dotierstoffe zur Ausscheidung an Korngrenzen. Dies kann dann dazu führen, daß der Dotierstoff an die Oberfläche diffundiert und von dort abdampft, wobei die Alkalihalogenidschicht insbesondere an den Oberflächen an Dotierstoff verarmt.

Im Fall des Thalliumiodids ist diese zusätzliche Temperung allerdings nicht erforderlich. Bereits bei einer Substrattemperatur von 140°C ist der TlI-Dampfdruck so hoch, daß Diffusionslängen von über 2 µm erhalten werden. Diese reichen völlig aus, bereits beim Aufdamp-

fen eine homogene Dotierung zu erzielen.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird daher vorgeschlagen, diesen Dotierstoffverlust während der Temperung durch einen entsprechenden Überschuß an Dotierstoff auszugleichen. Dazu wird in der Alkalihalogenidschicht durch entsprechende Variation der Abscheidebedingungen ein Dotierprofil erzeugt, welches ein oder mehrere Maxima im Schichtinneren aufweist. Möglich ist es beispielsweise, in der Schichtmitte Dotierstoffdepotschichten aufzudampfen, die über einen Schichtbereich von beispielsweise 20 µm Dicke einen durchschnittlichen Dotierstoffgehalt von bis zu 10 (Mol-)Prozent besitzen. Die übrigen Schichten werden mit einem entsprechend geringeren oder ohne Dotierstoffgehalt aufgebracht.

Zur Erzielung eines gleichmäßigen Dotierprofils müssen dann die Temperbedingungen an das aufgebrachte Dotierprofil angepaßt werden. Für die genannte Depotschicht, bzw. für ein Dotierprofil mit einem stufenförmigen Maximum in der Schichtmitte liegen für thalliumdotiertes Cäsiumjodid optimale Temperbedingungen bei zum Beispiel 300°C und einer Temperzeit von bis zu einer Stunde.

Um das Abdampfen von Dotierstoff und insbesondere von Thalliumjodid zu verhindern, kann die bereits erzeugte Schicht während der Temperung abgedeckt werden, zum Beispiel mit einer direkt auf die Schicht aufgelegten Glasplatte.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels und der dazugehörigen vier Figuren näher erläutert.

Fig. 1 zeigt eine zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignete Apparatur im Querschnitt,

Fig. 2 zeigt diese Vorrichtung in schematischer Draufsicht,

Fig. 3 zeigt verschiedene Dotierprofile und

Fig. 4 zeigt eine auf einem Substrat aufgedampfte Alkalihalogenidschicht im schematischen Querschnitt.

Ausführungsbeispiel

Es soll eine 400 µm dicke thalliumdotierte Cäsiumjodidschicht auf einem Aluminiumsubstrat erzeugt werden, die als Leuchtschild für Röntgenuntersuchungen geeignet ist.

Fig. 1: Die Substrate S, die im Ausführungsbeispiel einen Durchmesser von 4 cm aufweisen, werden auf dem Substratteller ST angeordnet. Da aus physikalischen Gründen ein Aufdampfen von unten vorteilhaft ist, werden die Substrate von unten am Substratteller befestigt oder über entsprechenden Öffnungen im Substratteller aufgelegt, die die zu bedampfende Fläche aussparen und von unten zugänglich machen. Vorzugsweise oben ist der Substratteller über eine Achse A mit einem Motor M verbunden.

Unter dem Substratteller ST ist einer der Verdampfer V dargestellt. Dieser besteht im wesentlichen aus einem beheizbaren Verdampferschiffchen VS und einem Aufdampftrichter AT. Das Verdampferschiffchen dient zur Aufnahme der zu verdampfenden Substanzen und wird beispielsweise über eine Widerstandsheizung so aufgeheizt, daß der gesamte Verdampfer V die gewünschte Verdampfungstemperatur annehmen kann. Die Heizung kann beispielsweise im Boden des Verdampferschiffchens VS angeordnet sein.

Zwischen Aufdampftrichter AT und Verdampferschiffchen VS kann noch eine Blende zur Begrenzung der abdampfenden Substanzen und zur Einstellung der

Aufdampfrichtung angeordnet sein. Der Aufdampftrichter AT besteht aus Leitblechen, die ebenfalls zur Bündelung der aus dem Verdampfer aufsteigenden Halogenidmoleküle dienen. Er besitzt an seiner oberen Öffnung den größten Querschnitt und hat im Ausführungsbeispiel eine rechteckige Öffnung von 1×10 cm.

Zu Beginn der Abscheidung ist eine Substrattheizung erforderlich. Dazu ist im Ausführungsbeispiel über dem Verdampfer V und dem Substratteller ST eine Heizlampe L angeordnet, mit deren Hilfe die Substrate auf eine Temperatur von 140 bis 220°C und vorzugsweise von 150 bis 155°C gebracht werden. Im späteren Verlauf des Aufdampfens ist die freiwerdende Kondensationswärme ausreichend, das Substrat auf der gewünschten Temperatur zu halten. Gegebenenfalls kann dann sogar eine Kühlung erforderlich sein, beispielsweise ein über dem Substrat angeordnetes Kühlblech. Zur Verfahrenskontrolle können an den Substraten Temperatursensoren angebracht werden.

Fig. 2 zeigt eine mögliche Anordnung der Substrate S auf dem Substratteller ST relativ zu den Verdampfern V1 und V2 in einer schematischen Draufsicht auf den Substratteller ST. Die Substrate S belegen den Substratteller in einiger Entfernung von der Achse A in beliebiger jedoch möglichst dichter Anordnung. Unterhalb der Substrate sind die Verdampfer V zentriert zu den Substraten angeordnet. Dargestellt ist die schmale Öffnung der Aufdampftrichter AT. Die Verdampfer V1 und V2 sind möglichst nahe beieinander angeordnet und schließen hier mit der Achse zusammen einen spitzen Winkel von ca. 15 bis 200 ein. Bei einer im Ausführungsbeispiel angenommenen Drehrichtung des Substrattellers gegen den Uhrzeigersinn dient der Verdampfer V1 zum Verdampfen von Dotierstoff. Aufgrund des niedrigen Schmelzpunkts von Thalliumjodid wird dazu eine 1 : 1 Mischung Tl/CsI vorgelegt, aus der der Dotierstoff absublimiert, ohne daß die Mischung vorher schmilzt. Das Cäsiumjodid wird mit dem zweiten Verdampfer V2 aufgedampft.

Die gesamte Vorrichtung wird in eine Vakuumkammer eingestellt, und diese evakuiert. Zum Aufdampfen wird der Verdampfer V1 auf eine Temperatur von 280 bis 300°C erhitzt. Vorzugsweise weist der Verdampfer V1 am Boden des Verdampferschiffchens VS eine Zusatzheizung in Form eines keilförmigen Blechs auf. Wird dieses als Widerstandsheizung betrieben, baut sich dadurch im Verdampferschiffchen VS ein Temperaturgradient auf, wobei an der engsten Stelle der keilförmigen Zusatzheizung die höchsten Temperaturen entstehen.

Der Verdampfer V2 wird auf eine Temperatur von 620°C erhitzt. Bei diesen Temperaturen stellt sich in der Vakuumkammer ein Druck von ca. 10^{-3} pa ein.

Unter den genannten Bedingungen beginnt das Aufdampfen, wobei der Substratteller (im Ausführungsbeispiel gegen den Uhrzeigersinn mit einer Geschwindigkeit von drei Umdrehungen pro Minute) rotiert. Dabei wird pro Umdrehung eine ca. 5 nm dicke Thalliumjodidschicht und darüber eine ca. 2 µm dicke Cäsiumjodidschicht aufgedampft.

Da der Thalliumjodiddampfdruck im Verdampfer V1 aufgrund der Verarmung an Thalliumjodid abnimmt, wird der Verdampfer V1 kontinuierlich höher geheizt, wobei eine Heizrate von 10°C pro Stunde ausreichend ist. Nach ca. 80 Minuten wird so eine 400 µm dicke CsI:Tl-Schicht erzeugt.

Obwohl die dotierte Alkalihalogenidschicht eigentlich als Multilayer aufgedampft wird, weist sie dennoch ein homogenes Dotierprofil auf. Aufgrund der geringen

Schichtdicken der Teilschichten von 2 µm beim CsI bzw. von 5 nm TlI reicht der hohe Dampfdruck des Thalliumjodids bei 150°C für eine Homogenisierung des Dotierprofils aus. Die Diffusionslängen für TlI in CsI liegen bei diesen Temperaturen weit über 2 µm.

So erzeugte Alkalihalogenidschichten zeigen bei einer konstanten Thallium-Dotierung zwischen 0,06 und 0,2 Mol Prozent eine rein weiße Farbe und ergeben bei der Lumineszenz eine hohe Lichtausbeute. Ein ideales Dotierprofil ist in Fig. 3a dargestellt.

Voraussetzung für ein homogenes Dotierprofil sind konstante Aufdampfraten und eine konstante Substrattemperatur. Für letztere ist eine Temperaturkontrolle erforderlich, die neben der bereits erwähnten Substrattheizung und dem über den Substraten aufgebrachten Kühlblech Temperatursensoren an der Substratrückseite erfordert.

Eine einfacher zu kontrollierende Verfahrensvariante besteht darin - beim Aufdampfen in der Mitte der Alkalihalogenidschicht eine oder mehrere Depotschichten mit erhöhter Dotierstoffkonzentration anzulegen und durch eine anschließende zusätzliche Temperung in eine homogene Dotierstoffverteilung überzuführen. Für diese Verfahrensvariante geeignete Dotierprofile sind in den Fig. 3b, 3c und 3d dargestellt. Während eine zur Schichtmitte kontinuierlich steigende Dotierkonzentration (Fig. 3b) besonders einfach in eine homogene Dotierung überzuführen ist, zeichnen sich die Dotierprofile mit den Depotschichten gemäß Fig. 3c und 3d durch eine einfache Herstellbarkeit aus. Für das Dotierprofil gemäß Fig. 3c wird in Schichtmitte ein beispielsweise 20 µm dicker Bereich mit einer durchschnittlichen Thalliumjodidkonzentration von 10 Mol-Prozent erzeugt, während die übrigen Schichtbereiche frei von Dotierstoff verbleiben.

Die Reduzierung der Aufdampfrate für Thalliumjodid erfolgt durch eine Reduzierung der Temperatur des Verdampfers V1, während eine Aufdampfrate Null zusätzlich durch ein über den Aufdampftrichter AT oder das Verdampferschiffchen VS geschobenes Abdeckblech erreicht werden kann.

Zur Homogenisierung der Dotierprofile mit Depotschicht ist eine Temperung bei ca. 300°C bis zu einer Stunde geeignet. Da eine überhöhte Thalliumkonzentration in einem Schichtbereich zu einer Gelbfärbung der Alkalihalogenidschicht führt, läßt sich die Homogenisierung des Dotierprofils auch optisch verfolgen.

Fig. 4 zeigt im schematischen Querschnitt eine auf einem Substrat S aufgedampfte Alkalihalogenidschicht AS, die sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren in einer Dicke von bis zu 1000 µm erzeugen läßt. Zur Absorption von 90 Prozent der Röntgenstrahlung sind jedoch meist 300 µm ausreichend. Schematisch ist auch die aus parallelen nadelförmige Kristalliten aufgebauten Struktur dargestellt, die für die anisotrope Lichtleitung der Alkalihalogenidschicht verantwortlich ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich wegen des flüchtigen TlI besonders zur Herstellung thallium-dotierter Alkalihalogenidschichten, ist aber prinzipiell auch zur Herstellung anders dotierter Schichten geeignet.

Die fertige Alkalihalogenidschicht mit homogenem Dotierprofil kann zur weiteren Verarbeitung zu einem Leuchtschirm auf dem Substrat verbleiben. Da sich die Schicht bereits ab einer Dicke von 70 µm vom Substrat ablösen läßt, kann die Alkalihalogenidschicht aber auch als freitragende Schicht weiterverarbeitet werden. In einer möglichen Anwendung als Leuchtschirm wird die Leuchtstoffschicht mit einem CCD-Array kombiniert.

Zur Verbesserung der anisotropen Lichtleitung kann die Alkalihalogenidschicht dazu auch durch Auf trennung in optisch vollständig voneinander getrennte einzelne Pixel strukturiert werden. Auf diese Weise ist es möglich, ein ortsaufgelöstes und digitalisierbares Abbild der einfallenden Röntgenstrahlung zu erzeugen, mit dem sich bis zu fünf Linienpaare pro mm (Lp/mm) nachweisen lassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer dotierten Alkalihalogenidschicht (AS) durch Aufdampfen auf ein Substrat im Vakuum,

- bei dem zumindest ein Substrat (S) auf einem Substratteller (ST) angeordnet wird,
- bei dem das Alkalihalogenid und der Dotierstoff aus zwei getrennten Verdampfern (V1, V2) auf das Substrat (S) aufgedampft werden,
- bei dem der Substratteller (ST) während des Aufdampfens um eine senkrecht zum Substratteller stehende Achse (A) rotiert und
- bei dem das Aufdampfen dezentriert bezüglich der Achse erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Substrat (S) bei einer Temperatur von 140 bis 220°C gehalten wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die beiden Verdampfer (V1, V2) seitlich versetzt zur Achse (A) so angeordnet werden, daß sie mit dieser zusammen einen Winkel < 180° und vorzugsweise von 15 bis 90° einschließen, wobei in Rotationsrichtung gesehen der Verdampfer (V1) für den Dotierstoff vor dem Verdampfer (V2) für das Alkalihalogenid angeordnet ist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die Rotationsgeschwindigkeit des Substrattellers (ST) so eingestellt wird, daß pro ganzer Umdrehung eine Teilschicht von 1 bis 5 µm Dicke abgeschieden wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem der Dotierstoff im Verdampfer (V1) als festes Alkalihalogenid/Dotierstoff Gemisch vorgelegt wird und das Verdampfen durch Sublimation erfolgt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem die Temperatur des Verdampfers (V1) für den Dotierstoff beim Aufdampfen gleichmäßig gesteigert wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem in der Alkalihalogenidschicht (AS) durch zeitlich variierende Abscheideraten ein Profil in der Dotierstoffkonzentration vertikal zur Substratoberfläche erzeugt wird, das an den beiden Schichtoberflächen jeweils ein Minimum aufweist.

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem ein zur Schichtmitte symmetrisches Dotierprofil erzeugt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, bei dem ein Dotierprofil erzeugt wird, welches zwei Maxima aufweist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem die Alkalihalogenidschicht (AS) nach dem Aufdampfen getempert wird, um durch Diffusion eine über die Dicke der Schicht gleichmäßige Dotierstoffverteilung zu erreichen.

11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem die Schicht (AS) während der Temperung abgedeckt

wird.

12. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11 zur Erzeugung von insbesondere mit Thallium dotierten Leuchtstoffschichten mit über die Schichtdicke gleichmäßiger Dotierstoffverteilung.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

THIS PAGE BLANK (USPTO)

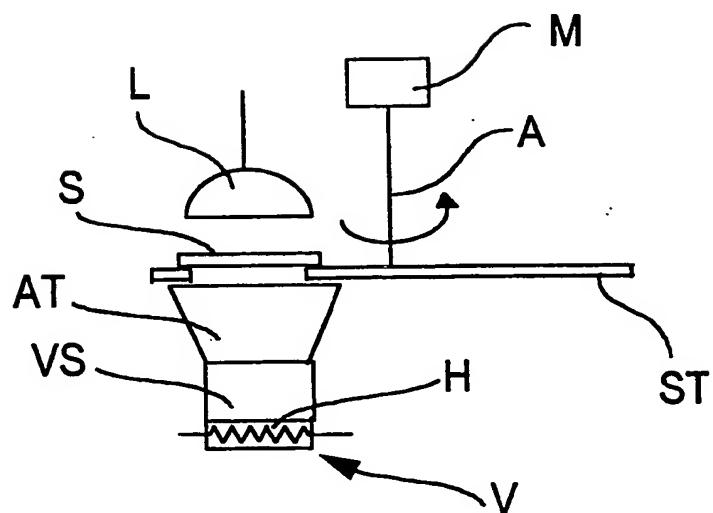
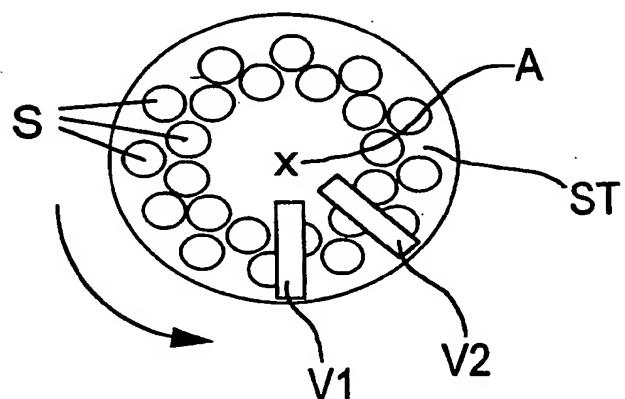
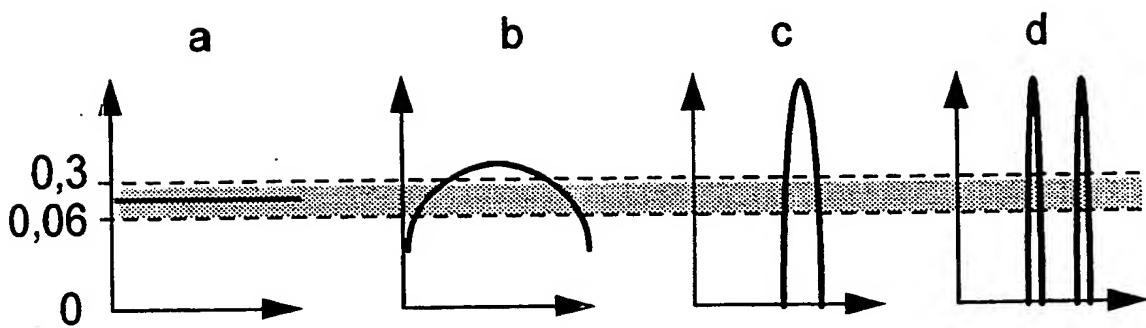
FIG 1**FIG 2****FIG 3**

FIG 4

